บทที่ 8

การคำนวณหาขนาด ท่อและ Pump

8.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

8.1.1 Reynolds's Number

จาก $$R = \frac{VD}{\nu} \quad (8.1)$$

เมื่อ R คือ Reynolds's number

V คือ Average pipe velocity (ft/s)

D คือ Inside diameter of pipe (ft)

ν คือ Kinematics Viscosity (ft^2/s)

8.1.2 Head Loss

จาก

$$h_f = f\frac{L}{D}\cdot\frac{V^2}{2g} \quad (8.2)$$

เมื่อ h_f คือ Head loss (ft)

f คือ Friction loss

L คือ Length of pipe (ft)

D คือ Inside diameter of pipe (ft)

V คือ Average pipe velocity (ft/s)

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วง = 32.174 $ft/\sec^2$

8.1.3 Friction factor

จาก $$f = \frac{64}{R}$$; เมื่อ R below 2000 (8.3)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D}+\frac{2.51}{R\sqrt{f}}\right)$$; เมื่อ R above 4000 (8.4)

หรือ จากแผนภาพโมดี้

8.1.4 อัตราการไหล

จาก $Q = VA$ (8.5)

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล

V คือ ความเร็วในท่อ

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อ

8.2 การคำนวณหาขนาดท่อ

เนื่องจากการป้อนสารเคมีในกระบวนการผลิตน้ำยาเรซิ่นและน้ำยาไบน์เดอร์นั้นใช้ปั๊มในการป้อนสาร ซึ่งสารเคมีแต่ละชนิดมีปริมาณที่ใช้ในการผสมต่างกัน ในการออกแบบจึงได้กำหนดอัตราการไหลของสารเคมีต่างกันเพื่อให้สัมพันธ์กับความเร็วในท่อที่จะใช้ร่วมกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

8.2.1 ขนาดท่อของสารเคมีที่มีอัตราการไหล 120 Liter/min

กำหนดให้

$$Q = 120(Liters/\min)$$

$$V = 5(ft/\sec)$$

เลือกความเร็ว = 5 ft/sec เพื่อให้อยู่ในช่วงการวัดของ Flow meter/Transmitter

จะได้ $Q = 120 \times 0.0005885$

$$= 0.0762\, ft^3/\sec$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2 = \frac{Q}{V}$$

$$d^2 = \frac{4Q}{\pi V}$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

แทนค่า จะได้

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0.0762}{\pi \times 5}}$$
$$= 0.1392\,ft$$
$$= 0.1392 \times 12$$
$$= 1.67in$$

เลือกใช้ท่อขนาด 1.5 in

หาความเร็วในท่อจริง จะได้

$$V = \frac{Q}{A}$$
$$= \frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times d^2}$$
$$= \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$
$$= 6.20\,ft/\sec$$

ใช้ความเร็วนี้ได้

8.2.2 ขนาดท่อของสารเคมีที่มีอัตราการไหล 400 Liter/min

กำหนดให้

$Q = 400 Liter/\min$

$V = 5\,ft/\sec$

เลือกความเร็ว = 5 ft/sec

เพื่อให้อยู่ในช่วงการวัดของ Flow meter/Transmitter

จะได้ $Q = 400 \times 0.0005885$

$= 0.2354\,ft^3/\sec$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2 = \frac{Q}{V}$$

$$d^2 = \frac{4Q}{\pi V}$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

แทนค่า จะได้

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0.2354}{\pi \times 5}}$$

$$= 0.2448 ft$$

$$= \frac{0.2448}{12}$$

$$= 2.93 in$$

เลือกใช้ท่อขนาด 2.0 in

หาความเร็วในท่อจริง จะได้

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times d^2}$$

$$= \frac{0.2354}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \left(\frac{2}{12}\right)^2}$$

$$= 10.7899 ft / \sec$$

ใช้ความเร็วนี้ได้

8.2.3 ขนาดท่อของสารเคมีที่มีอัตราการไหล 20 Liter/min

กำหนดให้

$$Q = 20 Liters / \min$$

$$V = 5 ft / \sec$$

เลือกความเร็ว = 5 ft/sec เพื่อให้อยู่ในช่วงการวัดของ Flow meter/Transmitter

จะได้ $Q = 20 \times 0.0005885$

$$= 0.01177 ft^3 / \sec$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2 = \frac{Q}{V}$$

$$d^2 = \frac{4Q}{\pi V}$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

แทนค่า จะได้

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0.01177}{\pi \times 5}}$$

$$= 0.054\,ft$$

$$= \frac{0.054}{12}$$

$$= 0.656in$$

เลือกใช้ท่อขนาด 0.5 in

หาความเร็วในท่อจริง จะได้

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times d^2}$$

$$= \frac{0.01177}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \left(\frac{0.5}{12}\right)^2}$$

$$= 8.631\,ft/\sec$$

ใช้ความเร็วนี้ได้

8.2.4 ขนาดท่อของสารเคมีที่มีอัตราการไหล 400 Liter/min

กำหนดให้

$$Q = 120 Liter / \min$$
$$V = 5 ft / \sec$$

เลือกความเร็ว = 5 ft/sec เพื่อให้อยู่ในช่วงการวัดของ Flow meter/Transmitter

จะได้

$$Q = 120 \times 0.0005885$$
$$= 0.0762 ft^3 / \sec$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$A = \frac{Q}{V}$$
$$\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2 = \frac{Q}{V}$$
$$d^2 = \frac{4Q}{\pi V}$$
$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

แทนค่า จะได้

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0.0762}{\pi \times 5}}$$
$$= 0.0194 ft$$
$$= \frac{0.0194}{12}$$
$$= 1.6 in$$

เลือกใช้ท่อขนาด 1.5 in

หาความเร็วในท่อจริง จะได้

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times d^2}$$

$$= \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times \left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$

$$= 6.209 \, ft / \sec$$

ใช้ความเร็วนี้ได้

แต่เมื่อทำการคำนวณหา Head loss พบว่ามีค่ามาก จึงลองเปลี่ยนขนาดท่อเป็น 2 inจะได้ V= 3.492 ft/sec จึงต้องทำการหา Flow meter/Transmitter ใหม่ ซึ่งสามารถรองรับความเร็วนี้ได้

8.3 การคำนวณหาขนาด Pump

เนื่องจากการป้อนสารเคมีในกระบวนการผลิตน้ำยาเรซิ่นและน้ำยาไบน์เดอร์นั้นใช้ปั๊มในการป้อนสาร ซึ่งสารเคมีแต่ละชนิดมีปริมาณที่ใช้ในการผสมต่างกัน ในการออกแบบจึงได้กำหนดอัตราการไหลของสารเคมีต่างกันเพื่อให้สัมพันธ์กับความเร็วในท่อที่จะใช้ร่วมกับอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

8.3.1 Formalin

กำหนดให้

$$Q = 400 Liters / \min$$

$$\nu = 4.5 cst$$

$$\phi = 2''$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 400 \bullet 0.0005885$$

$$= 0.2354 \, ft^3 / \sec$$

หาความเร็วในท่อ

จาก

$$V = \frac{Q}{A} \qquad (8.6)$$

จะได้

$$V = \frac{0.2354}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\bullet\left(\frac{2}{12}\right)^2}$$

$$V = 10.7899\, ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{10.87899\left(\frac{2}{12}\right)}{4.5(0.0000107639)}$$

$$R = 37126.499$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{2}{12}\right)}$$

$$= 0.0009$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.023$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0.023\frac{(40x3.2808)}{\left(\frac{2}{12}\right)} \bullet \frac{(10.7899)^2}{(2x32.174)}$$

$$= 32.757\,ft$$

8.3.2 Phenol

กำหนดให้

$$Q = 400 Liters/\min$$

$$\nu = 6.46 cst$$

$$\phi = 2"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 400 \bullet 0.0005885$$

$$= 0.2354\,ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.2354}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\bullet\left(\frac{2}{12}\right)^2}$$

$$V = 10.7899\,ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{10.87899\left(\frac{2}{12}\right)}{6.46(0.0000107639)}$$

$$R = 25862.11$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{2}{12}\right)}$$

$$= 0.0009$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.023$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.023 \frac{(40x3.2808)}{\left(\frac{2}{12}\right)} \bullet \frac{(10.7899)^2}{(2x32.174)}$$

$$h_f = 32.757\,ft$$

8.3.3 Para-Formaldehyde/Urea/Dicyandiamide

กำหนดให้

$$Q = 120 Liters / \min$$

$$\nu = 1.13 cst$$

$$\phi = 1\frac{1}{2}"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 120x0.0005885$$

$$= 0.07062\,ft^3 / \sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$

$$V = 5.754\,ft / \sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{5.754\left(\frac{1.5}{12}\right)}{1.13(0.00001070639)}$$

$$R = 59133.25$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}$$

จะได้

$$= 0.0012$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.024$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.024\frac{(40x3.2808)}{\left(\frac{1.5}{12}\right)} \times \frac{(5.754)^2}{(2\times 32.174)}$$

$$= 13.05 ft/\sec$$

8.3.4 Sodium Hydroxide

กำหนดให้

$$Q = 120 Liters / \sec$$

$$\nu = 10 cst$$

$$\phi = 1\frac{1}{2}"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 120x0.0005885$$
$$= 0.07062 ft^3 / \sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$

$$V = 5.754 ft / \sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{5.754\left(\frac{1.5}{12}\right)}{10(0.0000107639)}$$

$$R = 6682.05$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}$$

จะได้

$$= 0.0012$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.037$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.037\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}\times\frac{\left(5.754^2\right)}{(2\times 32.174)}$$

$$= 19.98 ft$$

8.3.5 Sulfuric Acid

กำหนดให้

$$Q = 120 Liters/\sec$$

$$\nu = 4.64 cst$$

$$\phi = 1\frac{1}{2}"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 120x0.0005885$$

$$= 0.07062\, ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$

$$V = 5.754\, ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{5.754\left(\frac{1.5}{12}\right)}{4.64(0.00001070639)}$$

$$R = 11400.98$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}$$

$$= 0.0012$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.032$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.032\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}\times\frac{(5.754)^2}{(2\times 32.174)}$$

$$= 17.281 ft$$

8.3.6 Formalin Catcher

กำหนดให้

$$Q = 20 Liters/\min$$

$$\nu = 3.07 cst$$

$$\phi = 1"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 20\times 0.0005885$$

$$= 0.01177 ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.01177}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{1}{12}\right)^2}$$

$$V = 2.15798\, ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{2.15798\left(\frac{1}{12}\right)}{3.07(0.00001070639)}$$

$$R = 5442.015$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{1}{12}\right)}$$

$$= 0.0018$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.041$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.041\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{1}{12}\right)}\frac{(2.15798)^2}{(2\times 32.174)}$$

$$= 4.6715\,ft$$

8.3.7Ammonium Sulphate (Solution)

กำหนดให้

$$Q = 120 Liters/\sec$$

$$\nu = 1.41 cst$$

$$\phi = 1\frac{1}{2}"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 120x0.0005885$$

$$= 0.07062\,ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$

$$V = 5.754\,ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{5.754\left(\frac{1.5}{12}\right)}{1.41(0.00001070639)}$$

$$R = 47390.47956$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}$$

$$= 0.0012$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.026$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.026\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}\times\frac{(5.754)^2}{(2\times 32.174)}$$

$$= 14.04\,ft$$

8.3.8 Silaneและ Sitren

กำหนดให้

$$Q = 120 Liters/\sec$$

$$\nu = 4.2 cst$$

$$\phi = 1\frac{1}{2}"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 120x0.0005885$$
$$= 0.07062 ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$

$$V = 5.754 ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{5.754\left(\frac{1.5}{12}\right)}{4.2(0.00001070639)}$$

$$R = 15909.661$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0.0012$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.032$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.032\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}\times\frac{(5.754)^2}{(2\times 32.174)}$$

$$= 17.281 ft$$

8.3.9Silicone

กำหนดให้

$$Q = 20 Liters/\min$$

$$\nu = 7.44 cst$$

$$\phi = \frac{1}{2}"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 20 \times 0.0005885$$
$$= 0.01177\, ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.01177}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{0.5}{12}\right)^2}$$
$$= 8.63195\, ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{8.63195\left(\frac{0.5}{12}\right)}{7.44(0.00001070639)}$$

$$R = 4491.124$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{0.5}{12}\right)}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0.0036$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.041$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 0.041\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{0.5}{12}\right)}\frac{(8.63195)^2}{(2\times 32.174)}$$

$$= 149.98\,ft$$

8.3.10 Resin

กำหนดให้

$$Q = 120\,Liters/\sec$$

$$\nu = 1.2cst$$

$$\phi = 1\frac{1}{2}"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 120x0.0005885$$

$$= 0.07062\,ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{1.5}{12}\right)^2}$$

$$V = 5.754\, ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{5.754\left(\frac{1.5}{12}\right)}{1.2(0.00001270639)}$$

$$R = 7424.5$$

เป็นการไหลแบบ Turbulent flow

หาค่า Absolute roughness

จากตารางที่ ข.2

จะได้ $\varepsilon = 0.00015$

เพื่อใช้เทียบกับ Moody diagram

ทำการหาค่า $\frac{\varepsilon}{D}$

จะได้

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00015}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}$$

$$= 0.0012$$

หาค่า Friction factor

จาก Moody diagram

จะได้ $f = 0.0251$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0.0251\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{1.5}{12}\right)}\times\frac{(5.754)^2}{(2\times 32.174)}$$

จะได้

$$= 13.55\,ft$$

8.3.11 Mulrex

กำหนดให้

$$Q = 120\,Liters/\sec$$

$$\nu = 910\,cst$$

$$\phi = 2"$$

จากสมการที่ 8.5

$$Q = VA$$

จะได้

$$Q = 120x0.0005885$$

$$= 0.07062\,ft^3/\sec$$

หาความเร็วในท่อ

จากสมการที่ 8.6

$$V = \frac{Q}{A}$$

จะได้

$$V = \frac{0.0762}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(\frac{2}{12}\right)^2}$$

$$V = 3.492\,ft/\sec$$

คำนวณหา Reynolds's Number

จากสมการที่ 8.1

$$R = \frac{VD}{\nu}$$

จะได้

$$R = \frac{3.412\left(\frac{2}{12}\right)}{910(0.00001070639)}$$

$$R = 59042$$

เป็นการไหลแบบ Laminar flow

หาค่า Friction factor

จากสมการที่ 8.3

$$f = \frac{64}{R}$$

จะได้

$$f = \frac{64}{59.42}$$

$$= 1.07$$

คำนวณหา Head loss

ประมาณค่าความยาวท่อทั้งหมด = 40 m

จากสมการที่ 8.2

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

จะได้

$$h_f = 1.07\frac{(40\times 3.2808)}{\left(\frac{2}{12}\right)}\times\frac{(3.492)^2}{(2\times 32.174)}$$

$$= 159.618 ft$$

การคำนวณหาขนาดของท่อไอน้ำ

จาก

$$d = 0.226\frac{\sqrt{Q_h V_s}}{V} \qquad (8.7)$$

เมื่อ Q_s คือ อัตราการไหลเชิงมวลของ Boiler $(lb/Hour)$

V_s คือ ปริมาตรจำเพาะของ Steam (ft^3/lb)

V คือ ความเร็วของไอน้ำในท่อ (ft/s)

d คือ Pipe diameter (in)

กำหนดให้

$$Q_s \quad 687.8352 \ (lb/Hour)$$

ที่ P=150 psig จากตารางที่ ค.2

จะได้

$$V_s = 2.76 \ (ft^3/lb)$$

$$V = 120 \ (ft/s)$$

ดังนั้น จะได้

$$d = 0.226\frac{\sqrt{(687.8352 \times 2.76)}}{80}$$

$$= 0.898in$$

เลือกใช้ท่อ Diameter = 1 in

8.4 สรุปและวิจารณ์

จากการคำนวณสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 8.1 ตารางแสดงขนาดท่อและวัสดุ

No	Substance	Diameter	Code	Materials
1	Phenol	2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
2	Formalin	2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
3	Para-Formadehyde	1 1/2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
4	Urea	2"		Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
5	Sodium Hydroxide	1 1/2"		PVC
6	Sulfuric Acid	1 1/2"		PVC
7	Dicyandiamide	2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
8	Formalincatcher	1"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
9	Steam	1"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
10	Water	2"	P-1	Carbon Steel

No	Substance	Diameter	Code	Materials
1	Water	2"	P-1	Carbon Steel
2	Silicone	1 "	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
3	Ammonium Sulphate	1 1/2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
4	Mulrex88	2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
5	Silance	1 1/2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
6	Sitren	1 1/2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
7	Resin	2"	P-7	Straight Cr,400series Feritic Stainless Steel
*All pipe list of ASTM P-Number				

ตารางที่ 8.2 ตารางแสดงชนิดและคุณสมบัติของ Pump

No	Substance	Code ASTM	Type	Materials	Flow rate (Lites/min)	Head (m)
1	Phenol		Centrifulgal Pump	Stainless Steel	400	10
2	Formalin		Centrifulgal Pump	Stainless Steel	400	10
3	Para-Formaldehyde		Centrifulgal Pump	Stainless Steel	120	5
4	Urea		Centrifulgal Pump	Stainless Steel	120	5
5	Sodium Hydroxide		Centrifulgal Pump	Corrosion Resistant Hi-Silicon cast iron	120	7
6	Sulfuric Acid	A518	Centrifulgal Pump	Stainless Steel	120	7
7	Dicyandiamide		Centrifulgal Pump	Stainless Steel	400	10
8	Formalin catcher		Centrifulgal Pump	Stainless Steel	20	5

No	Substance	Code	Type	Materials	Flow rate (Lites/min)	Head (m)
1	Silicone		Gear Pump	Stainless Steel	20	20
2	Ammonium Sulphate		Centrifulgal Pump	Stainless Steel	120	5
3	Mulrex88		Screw Pump	Stainless Steel	120	20
4	Silane		Turbine Pump	Stainless Steel	120	6
5	Sitren		Turbine Pump	Stainless Steel	120	5
6	Resin		Turbine Pump	Stainless Steel	120	10

ตารางที่ 8.3 ตารางแสดงคุณสมบัติสารที่ใช้ในการผลิต

ตารางแสดงคุณสมบัติสารที่ใช้ในการผลิต				
สาร	S.G	Kinematic Viscosity(cst.)	pH	situation
Formalin	1.108	4.5	5	liquid
Phenol	1.072	6.46	6	liquid
Sodium Hydroxide	1.5227	10	14	liquid
Sulfuric Acid	1.391	4.64	1.3	liquid
Formalin Catcher	1	3.07	7	liquid
Para-Formaldehyde	N/A	N/A	N/A	solution
Urea	N/A	N/A	N/A	solution
Dicyandimide	N/A	N/A	N/A	solution
Ammonium Sulphate	1.055	1.41	N/A	solution
Silane	0.945	4.2	N/A	liquid
Silicone	0.945	7.44	N/A	liquid
Mulrex	0.947	910	N/A	liquid
Sitren	N/A	N/A	N/A	liquid
Resin	1.18	1.2	N/A	liquid

(ที่มา เอกสารประกอบการปฏิบัติงานของ บริษัทไมโครไฟเบอร์ อุตสาหกรรมจำกัด)